

TINJAUAN TEKNOLOGI PENGOLAHAN LEACHATE DI TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR (TPA) SAMPAH PERKOTAAN

Oleh :
Wahyu Purwanta

Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknolgi (BPPT)

Abstract

Leachate is defined as a liquid, which flows through waste and extracts suspended material or their suspension. In most landfill, leachate is consist of liquids that go into the landfill, which originated from outside the landfill, such as surface drainage, rain water, ground water, water from spring water and other liquids which produced from waste decomposition. The existence of pollutant material or minerals in water body that is originated from leachate will propose the growth of microorganisms, which are harmful for human health and reduce the aesthetic.

Leachate handling could be done with several methods, such as: utilization of hydrolic characteristics by ground water adjustment, thus the leachate flows would not go into the direction of ground water. Another way of leachate handling are: landfill isolation, in order to prevent the inflow of external water and the outflow of leachate water; site selection of an area, which has a good capability of pollutant neutralization; leachate recirculation to be redirected to the solid waste pile; flowing the leachate to domestic waste treatment system and leachate processing with a certain system.

Some processing techniques that are often to be used are: physical-chemical processing, such as coagulation-flocculation-settling; aerobic processing (activated sludge, stabilization pond or aeration pond); anaerobic processing, such as stabilization pond and utilization of sorption characteristics, such as active carbon. The aerobic stabilization pond system is suitable for Indonesian condition due to the availability of sunlight, simple, relatively cheap and their capability of BOD reduction above of 90% and COD reduction of above 80%.

Kata Kunci : *Leachate*, TPA sampah, teknologi pengolahan.

1. PENDAHULUAN

Sampah padat di TPA tidak hanya tersusun oleh komponen padatan, tetapi juga mengandung cairan sampah yang didalamnya terkandung zat-zat kimia, baik organik maupun anorganik serta sejumlah bakteri pathogen, yang disebut sebagai *leachate*, (Damanhuri 1993).

Leachate didefinisikan sebagai cairan yang menapis melalui limbah dan mengekstrak material terlarut atau tersuspensinya. Di kebanyakan TPA, *leachate* terdiri atas cairan yang masuk TPA dari sumber-sumber luar, seperti drainase permukaan, air hujan, air tanah, dan air dari mata air serta cairan yang diproduksi dari dekomposisi limbah. Dalam definisi lain, *leachete* adalah sebagai limbah cair yang terbentuk akibat masuknya air eksternal kedalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut termasuk senyawa organik dan anorganik hasil proses dekomposisi (Tchobanoglous, 1993).

Leachate tersebut merupakan cairan yang terbentuk oleh adanya air hujan yang merembes kedalam timbunan sampah, serta adanya kandungan air tanah yang tinggi. Aliran yang

merembes ini akan menimbulkan aliran yang membawa bermacam-macam zat yang ada dalam sampah seperti Nitrat, Nitrit, Metan, Karbon dioksida (CO₂), Sulfat, Sulfida, NH₃, air dan mikroorganisme (Damanhuri, 1993).

Proses dekomposisi secara alamiah pada awalnya menghasilkan nitrit, CO₂ dan air, sedangkan pasokan (*supply*) oksigen yang dilepaskan oleh mikroorganisme anaerobik akan membentuk senyawa lain seperti Sulfat, Amoniak dan Nitrogen. Kualitas dan kuantitas *leachete* sangat bervariasi dan fluktuasinya secara langsung berkaitan dengan banyaknya curah hujan, komposisi / karakteristik sampah, umur timbunan dan pola operasional di TPA.

Pengaruh *leachate* yang dirasakan masyarakat adalah adanya perubahan warna atau kekeruhan pada badan air ataupun keberadaan *leachate* yang mengandung zat organik dan bahan terlarut lainnya. Selanjutnya dengan adanya air hujan akan masuk ke badan air dan air tanah yang akhirnya akan menjadi keruh. Adanya bahan pencemar atau mineral di badan air akan memacu pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme yang merugikan kesehatan dan estetika.

2. LAJU TIMBULAN LEACHATE

Leachate adalah limbah cair yang timbul akibat masuknya air eksternal ke dalam timbunan sampah, melarutkan dan membilas materi-materi terlarut atau merupakan hasil proses dekomposisi sampah berbentuk cair yang berwarna coklat kehijauan dan merupakan pencemar potensial ke lingkungan apabila TPA tidak dikelola secara memadai. Dari sana dapat diramalkan bahwa kuantitas dan kualitas *leachate* akan sangat bervariasi dan berfluktuasi. Timbunan *leachate* (*leachate generation*) dipengaruhi oleh curah hujan (presipitasi harian), aliran permukaan, infiltrasi, evaporasi, transpirasi, temperatur, komposisi sampah, kelembaban dan kedalaman/ketinggian tumpukan sampah di TPA (Leckie, 1979). Secara umum timbunan *leachate* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Qasim, 1994);

$$\text{PERC} = P - (R/O) - (AET) - (ST)$$

dimana,

PERC = perkolasi

P = presipitasi (curah hujan)

R/O = *surface run off*

AET = evapotranspirasi aktual

ST = perubahan kelembaban tanah

3. KOMPOSISI & KARAKTERISTIK

Secara umum komponen (unsur-unsur) kimia dan bakteri yang terkandung dalam *leachate* dapat dilihat dalam tabel 1 berikut :

Tabel 1. Komposisi Penyusun *Leachate*

No.	KOMPONEN	KADAR (ppm)	
		RENDAH	TINGGI
1.	pH	6,0	6,5
2.	Kesadahan CaCO ₃	890	7600
3.	Alkalinitas CaCO ₃	730	9500
4.	Ca	240	2330
5.	Mg	64	410
6.	Na	85	1700
7.	Fe total	8,7	220
8.	Besi ferro	6,5	87
9.	Klorida	96	2350
10.	Sulfat	84	730
11.	Phosphate	0,3	29
12.	Organik N	2,4	465
13.	NH ₄ -N	0,22	480
14.	BOD	2170	3030

Sumber : Qasim (1994)

Kualitas *leachate* menurut Qasim (1994) dipengaruhi oleh komposisi sampah, ketebalan timbunan sampah, laju air, cara operasional TPA (aerobik, semi aerobik, anaerobik), umur TPA dan interaksi *leachate* dengan TPA. Sementara dari Damanhuri (1995) selain faktor di atas juga ditambahkan faktor kondisi saat sampling. Tabel 2 memperlihatkan karakteristik *leachate* dari TPA di luar negeri (Chian & De Walle, 1976) serta Tabel 3 memperlihatkan kualitas *leachate* di beberapa TPA di Indonesia dan China.

Dari kedua tabel tersebut terlihat bahwa *leachate* mempunyai karakteristik yang khas yaitu;

- *Leachate* dari TPA yang muda bersifat asam, berkandungan organik yang tinggi, mempunyai ion-ion terlarut yang juga tinggi serta rasio BOD/COD relatif tinggi.
- *Leachate* dari TPA yang sudah tua sudah mendekati netral, mempunyai kandungan karbon organik dan mineral yang relatif menurun serta rasio BOD/COD relatif menurun.

Dengan membandingkan kualitas *leachate* dari TPA di China dan hasil pemantauan *leachate* di beberapa TPA telah dilakukan di Indonesia sejak tahun 1988 (Damanhuri 1995) dapat disampaikan bahwa :

- *Leachate* dari TPA di Indonesia mempunyai karakter tidak asam dibanding dengan TPA yang ada di China.
- Meskipun nilai COD TPA di Indonesia lebih rendah dibanding nilai COD TPA yang ada di China, namun sesuai dengan Kep-03/MENKLH/II/91 COD yang terkandung melebihi baku mutu efluen limbah cair yang ditentukan sehingga penanganan *leachate* merupakan suatu keharusan sebelum dilepas ke lingkungan.

4. TEKNOLOGI PENANGANAN LEACHATE

Dari data Yang tertera pada Tabel 2 dan Tabel 3 tersebut di atas belumlah dapat diandalkan untuk menentukan besaran beban organik yang dibutuhkan dalam perancangan suatu pengolah limbah di Indonesia. Dibutuhkan suatu pemantauan yang lebih bervariasi lagi dari TPA lain yang terletak dalam geografi yang lebih luas, termasuk *leachate* dari TPA yang terletak di daerah rawa dan sebagainya.

Penanganan *leachate* yang sudah dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain;

- Memanfaatkan sifat-sifat hidrolis dengan pengaturan air tanah sehingga aliran *leachate* tidak menuju kearah air tanah

Tabel 2. Kualitas *leachate* sesuai dengan umur TPA

Parameter	Umur TPA		
	1 tahun	5 tahun	16 tahun
BOD	7500-28000	4000	80
COD	10000-40000	8000	400
pH	5,2-6,4	6,3	-
TDS	100-79	-	-
DHL	600-9000	-	-
Alkalinitas (CaCO ₃)	800-4000	5810	2250
Hardness (CaCO ₃)	3500-5000	2200	540
Total P	25-35	12	8
Ortho P	23-33	-	-
NH ₄ -N	56-482	-	-
Nitrat	0,2-0,8	0,5	1,6
Kalsium	900-11700	308	109
Khlorda	600-800	1330	70
Sodium	450-500	810	34
Potasium	295-310	610	39
Sulfat	400-650	2	2
Mangan	75-125	0,06	0,06
Magnesium	160-250	450	90
Besi	210-325	6,3	0,6
Seng	10-30	0,4	0,1
Tembaga	-	< 0,5	< 0,5
Kadmium	-	< 0,05	< 0,05
Timbal	-	0,5	1,0

Sumber : Chian & De Walle (1976)

Tabel 3. Gambaran variasi kualitas *leachate* dari beberapa TPA

Kota/TPA	pH	COD	N-NH ₄	N-NO ₂	DHL
Bogor	7,5	28723	770	0	40480
	8	4303	649	0,075	24085
Cirebon	7	3648	395	0,225	10293
	7	13575	203	0,375	12480
Jakarta	7,5	6839	799	0	13680
	7	413	240	0,075	3823
	8	1109	621	0,35	1073
Bandung (Leuwigajah)	6	58661	1356	6,1	26918
	7	7379	738	2,775	20070
Yogyakarta	6	6166	162	0,225	3540
Surabaya	8,03	24770	155	0,077	6030
China					
Umur 1 th	5,2-6,4	10000-40000	56-482	-	600-9000
Umur 5 th	6,3	8000	-	-	-
Umur 16 th	-	400	-	-	-

Sumber : Diolah dari berbagai sumber.

- Mengisolasi TPA tersebut agar air eksternal tidak masuk dan *leachate*-nya tidak keluar
- Mencari lahan yang mempunyai tanah dasar dengan kemampuan baik untuk menetralkan cemaran.
- Mengembalikan *leachate* (resirkulasi) ke arah timbunan sampah.
- Mengalirkan *leachate* menuju pengolahan air domestik.
- Mengolah *leachate* dengan pengolahan tersendiri.

Di negara maju biasanya masalah *leachate* ini ditangani dengan diolah seperti halnya air limbah biasa. Beberapa jenis pengolahan yang biasa digunakan;

- Pengolahan fisik-kimiawi biasanya koagulasi-flokulasi-pengendapan.
- Pengolahan secara aerobik ; lumpur aktif, kolam stabilisasi atau kolam aerasi.
- Pengolahan secara anaerobik, biasanya kolam stabilisasi.
- Pemanfaatan sifat-sifat sorpsi seperti karbon aktif.

4.1 Pengendapan dengan kapur

Salah satu cara dalam pengolahan *leachate* adalah dengan mengendapkan melalui proses sedimentasi dengan bantuan presipitasi kapur (*lime*). Kapur dalam jumlah yang mencukupi harus ditambahkan dengan asam karbonat bebas dan dengan asam karbonat dari bikarbonat guna menghasilkan kalsium karbonat yang bertindak sebagai koagulan.

- Efeknya mulai terlihat pH = 7 dengan dosis 1 – 6 mg/l
- Salah satu hasil yang didapat;
Penyisihan COD = 61 % dari 18.550 mg/L
Penyisihan BOD = 51,7% dari 10.910 mg/L
Penyisihan Fe = 98,8 % dari 312 mg/L
Penyisihan Zn = 97,1 % dari 21 mg/L
Penyisihan Hg = 57,1 % dari 0,007 mg/L

4.2 Koagulasi-flokulasi

Sama dengan prinsip sedimentasi dengan pembubuhan kapur, pada prinsip ini hanya koagulan yang digunakan bisa aluminium sulfat [Al (SO₄)] dan ferri khloride [Fe Cl₃]. Hasil dari uji tersebut antara lain;

- Koagulan aluminium sulfat.
Dosis 100 mg/L menyisihkan COD < 10% dan Fe sampai 60%
Dosis 1000 mg/L menyisihkan COD < 10% dan Fe sampai 96%
- Koagulan ferri khloride.
Dosis 100 mg/L menyisihkan COD sampai 12% dan Fe sampai 21%

dosis 1000 mg/L menyisihkan COD sampai 16,3% dan Fe sampai 95%



Gambar 1 : Unit pengolah leachate di TPA Piyungan Yogyakarta berupa aerated lagon.

4.3 Proses lumpur aktif

Selain pengolahan secara fisik-kimiawi seperti diatas, *leachate* juga dapat diolah dengan mengkombinasikan dengan proses biologis memanfaatkan mikroorganisme seperti dalam *activated sludge* (lumpur aktif). Cara ini banyak diterapkan di lapangan, dan sangat efektif terutama bila diawali dengan pengendapan mineral (logam berat) dengan pembubuhan kapur; salah satu hasilnya adalah penyisihan;

BOD = 99,1 % dari 12.000 mg/L
COD = 94,9 % dari 18.000 mg/L
Cd = 87,5 % dari 0,08 mg/L
Cr = 75 % dari 0,28 mg/L
Fe = 99,2 % dari 376 mg/L
Ni = 60,2 % dari 1,91 mg/L
Pb = 85,4 % dari 0,82 mg/L
Zn = 97,4 % dari 22 mg/L
Hg = 28,9 % dari 0,006 mg/L

4.4 Kolam Stabilisasi Aerobik

Kolam stabilisasi aerobik (*aerobic stabilization ponds*) adalah proses pengolahan limbah cair secara alami dalam wujud kolam yang lebar dengan melibatkan algae dan bakteri dan dalam kondisi aerobik hingga kedalaman kolamnya. Ada dua tipe utama, tipe pertama bertujuan memaksimalkan produksi algae, pada jenis ini kolam dibatasi dengan kedalaman 150 cm – 450 cm. Pada tipe kedua, ditujukan untuk produksi oksigen sebanyak-banyaknya, dan kedalaman kolam hingga 1,5 meter.

Agaknya sistem ini cocok untuk kondisi Indonesia karena relatif tersedia sinar matahari, sederhana dan relatif murah. Beberapa hasil dari negara yang memiliki musim dingin adalah;

- TPA Lingen (Jerman), dengan waktu kontak 100 hari diperoleh penyisihan BOD sebesar 99,8%
- TPA Ugley (Inggris), waktu kontak 100 hari diperoleh penyisihan BOD 99,7% dan COD 97,1%
- TPA Peslan (Perancis), total penyisihan BOD (diakhiri dengan pembubuhan kapur) adalah 96% dan COD sebesar 80%

4.5 Kolam Stabilisasi Anaerobik

Secara teori, kolam anaerobik digunakan untuk pengolahan limbah kandungan organik tinggi yang juga sangat tinggi konsentrasi padatnya. Waktu kontak 15 hari dengan beban 1 – 2 kg COD/m³/hari diperoleh penyisihan COD antara 85 – 90 % dari COD masuk rata-rata 27.000 mg/L (TPA San Liberale – Italy).

Pada penelitian skala laboratorium terhadap kemungkinan terolahanya *leachate* antara lain menghasilkan :

- Aerasi *leachate* selama 10 – 14 hari dapat menurunkan COD sampai 85%, kombinasi dengan dilanjutkan karbon aktif menghasilkan penurunan COD hingga 90%.
- Timbunan sampah yang sudah menjadi kompos ternyata juga mampu menurunkan pencemar organik, pada simulasi dengan umpan COD 2500 mg/l dan dioperasikan secara anaerobik menghasilkan penyisihan COD 80%.

Cara resirkulasi *leachate* sudah banyak diterapkan dalam pengelolaan *leachate*. Ada dua keuntungan dari cara ini, yaitu;

- Mempercepat proses evaporasi.
- Mereduksi cemar organik *leachate*.

5. SISTEM PENGELOLAAN

Pengelolaan *leachate* merupakan bagian dari pengelolaan TPA secara keseluruhan. Pada dasarnya keberhasilan penanganan *leachate* dimulai sejak suatu lahan dipilih, dan terus menerus sampai lahan itu ditutup karena penuh. Oleh karenanya usaha penanganan masalah *leachate* dapat dikelompokkan dalam beberapa tahap, yaitu:

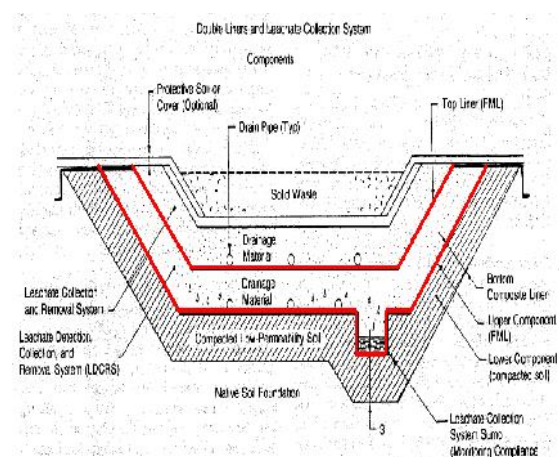
- Tahap pemilihan lokasi.
- Tahap perancangan dan penyiapan site.
- Tahap lama masa pengoperasian.
- Tahap elama jangka waktu tertentu setelah TPA tidak digunakan lagi.

Di Indonesia saat ini telah mempunyai standar tentang cara pemilihan lokasi sebuah TPA sampah kota, yaitu SNI No. 03-3241-1994 tentang Tata Cara Pemilihan Lokasi TPA. Aspek pencegahan pencemaran *leachate* dalam

standar ini mendapatkan porsi yang baik, melalui pertimbangan bahwa;

- Lahan sebuah TPA biasanya terletak di luar kota yang kadangkala berdekatan dengan perumahan penduduk yang belum terjangkau oleh sistem PDAM yang baik, sehingga masalah pencemaran *leachate* perlu dipertimbangkan.
- Hujan di Indonesia yang cukup tinggi. Pengelolaan *leachate* pada dasarnya sangat tergantung kepada karakteristiknya, sedangkan karakteristik *leachate* juga sangat tergantung bagaimana *leachate* tersebut terbentuk/ terakumulasi. Secara ideal suatu pengolahan *leachate* harus dilakukan uji keterolahan terlebih dahulu (*treatability*) dan dibuat juga skala pilotnya.

Langkah awal dalam pengelolaan *leachate* adalah memperhatikan sistem lapisan bawah TPA (*liners system*). Tujuan dari disain sistem *liners* adalah untuk mencegah dan meminimisasi infiltrasi *leachate* ke lapisan tanah dibawahnya sehingga mencegah kontaminasi ke air tanah. Umumnya sistem *liners* ini juga untuk mencegah larinya gas ke udara tanpa terkumpul dalam *gas storage* yang telah disediakan. Sebagai ilustrasi pada lapisan paling bawah suatu TPA hendaknya merupakan *compacted clay liner (CCL)* (tebal 60 cm), diatasnya dilapisi *flexible membrane liner (FML)* 40 mm, kemudian baru diletakkan pasir-kerikil (untuk pengumpulan *leachate*) setebal 30 cm, dilapisi lagi dengan geotextile, kemudian dilapisi tanah setebal 60 cm dan baru lapisan sampah kota. Teknik dan sistem *liners* sangat bervariasi tergantung pada kondisi dan karakteristik tanahnya. Pada wilayah yang dibawahnya sama sekali tidak ada akuifer air tanah, maka *compacted clay* sudah cukup.



Gambar 2. Sistem liners TPA Sanitary Landfill.

Pada dasarnya tanah asli di bawah TPA mempunyai kemampuan untuk mengadsorpsi dan mendegradasi pencemar, namun adanya

lapisan liner tambahan akan lebih menjamin hal tersebut diatas. Tanah lempung mempunyai kemampuan yang baik dalam menahan pencemar anorganik (seperti logam berat) melalui mekanisme sorpsi. Penggunaan campuran tanah yang bersifat alkalin sebagai tanah penutup akan menaikkan pH *leachate*, sehingga proses dekomposisi akan lebih cepat, terutama guna mendorong konversi karbon organik ke pembentukan gas metan disamping memungkinkan logam-logam tertentu menjadi terendapkan.

Selain sistem *liners*, juga perlu diperhatikan adalah kemiringan teras (*slope*) dan sistem perpipaan pengumpul *leachate*. Untuk mencegah terakumulasinya *leachate* di suatu tempat di dasar TPA, maka suatu seri teras yang berslope harus dibuat didasar TPA, sehingga *leachate* dapat dialirkan melalui pipa-pipa. Jaringan perpipaan pengumpul *leachate* merupakan bagian penting dari sistem pengelolaan *leachate*.

Secara umum sekali *leachate* terbentuk, maka opsi pengelolaannya adalah;

- Daur ulang (*leachate recycling*)
- Penguapan (*leachate evaporation*)
- Diolah dan dibuang (*treat and disposal*)
- Dibuang ke sistem air buangan kota

6. KESIMPULAN

Penanganan *leachate* di TPA dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain :

- Memanfaatkan sifat-sifat hidrolis dengan pengaturan air tanah sehingga aliran *leachate* tidak menuju ke arah air tanah.
- Mengisolasi TPA tersebut agar air eksternal tidak masuk dan *leachate*-nya tidak keluar.
- Mencari lahan yang mempunyai tanah dasar dengan kemampuan baik untuk menetralkan cemaran.
- Mengembalikan *leachate* (resirkulasi) ke arah timbunan sampah.
- Mengalirkan *leachate* menuju pengolahan air buangan domestik.
- Pengolahan *leachate* dengan mengalirkan pada suatu *artificial wetland*
- Mengolah *leachate* dengan pengolahan sendiri, yang biasa digunakan adalah :
 - Pengolahan kimia fisika, biasanya koagulasi-flokulasi-pengendapan.
 - Pengolahan secara aerobik ; proses lumpur aktif, kolam stabilisasi atau kolam aerasi.
 - Pengolahan secara anaerobik, biasanya kolam stabilisasi.
 - Pemanfaatan sifat-sifat sorpsi seperti karbon aktif.

- Pengolahan *leachate* dengan mengalirkan pada suatu *artificial wetland*.

Di negara maju biasanya masalah *leachate* ini ditangani dengan diolah seperti halnya air limbah biasa. Pengelolaan *leachate* pada dasarnya sangat tergantung kepada karakteristiknya, sedangkan karakteristik *leachate* juga sangat tergantung bagaimana *leachate* tersebut terbentuk/ terakumulasi. Secara ideal suatu pengolahan *leachate* harus dilakukan uji keterolahan terlebih dahulu (*treatability*) dan dibuat juga skala pilotnya.

Penelitian laboratorium dan lapangan telah banyak mencatat bahwa proses resirkulasi *leachate* akan mempercepat stabilitas timbunan. Dari sana disimpulkan bahwa pengembalian *leachate* ke massa sampah akan dapat menurunkan beban organik sampai 90%. Resirkulasi pada prakteknya di beberapa TPA juga dapat mengurangi bau dan lalat serta memperbanyak gasbio yang terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- Damanhuri, E, (1995) Teknik Pembuangan Akhir (TPA), Diktat Kuliah, TL-ITB
- Damanhuri, T.P, (1993), Pengelolaan Lindi di TPA Sampah Dalam Kaitannya Dengan Pencegahan Pencemaran Lingkungan, Proceeding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan – Tantangan Masa Depan, Jurusan Teknik Lingkungan ITB, ISBN 979-8456-00-9
- De Walle, F.B., Chian, E.S, (1978) Gas Production from Solid Waste in Landfill, Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE, v.104 p.p 415
- Eleazer, W.E., Odle, W.S., Wang, Y.S. and Barlaz, M.A. (1997). Biodegradability of municipal solid waste components in laboratory-scale landfill. Environ. Sci. Technol. 31:911-917.
- Farquhar, G.J., & Rovers, F.A., (1973) Gas Production During Refuse Decomposition, Water, Air and Soil Pollution, 2 p 483-495
- Institute of Wastes Management Sustainable Landfill Working Group (IWMLWG) (1999).The Rational and Operation of the Flushing Bioreactor.
- Krol, A., Rudolph, V. and Swarbrick, G. (1994). Landfill : A Containment Facility or a Process Operation. Paper presented at the 2nd National Hazard & Solid Waste Convention, Melbourne.
- Leckie, J.O, Pacey, J.G, & Halvadakis, (1979), Landfill Management with Moisture Control, Journal Environmental Division, 105 p 337-355

- Mc Bean, E.A, FA. Rovers & G.J, Farquhar (1995), Solid Waste Landfill Engineering & Design, Prentice Hall PTR, Englewood Cliffs
- Merz, R.C & R.Stone, (1970), Special Studies of a Sanitary Landfill, U.S Department of Health, Education and Welfare, Washington DC
- Purwasasmita, M., (1989), Teknik Pengelolaan Sampah Terpadu Dengan Konsep KIS, Pusat Penelitian Teknologi ITB, Bandung
- Qasim, S.R, & Chiang, W., (1994), Sanitary Landfill Leachate, Technomic Publication
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S, (1993), Integrated Solid Waste Management, McGraw Hill Book, Co, Singapore